

Die Erfindung betrifft ein Empfangsverfahren mit mehreren einzelnen Empfangsantennen, bei dem einem Antennenausgangssignal eine Phasen- und/oder Amplitudenmodulation aufgeprägt wird, die Antennensignale summiert werden, das in einer Empfangsschaltung verstärkte und selektierte Summensignal in einem Frequenz- und Amplitudendemodulator nach Betrag und Frequenz und/oder Phase demoduliert wird, das Hilfsmodulationssignal aus dem demodulierten Signal ausgefiltert wird und mit Hilfe von Synchrondemodulatoren Real- und Imaginärteil des einzelnen Antennensignals in Bezug auf das Summensignal ermittelt und daraus Phasenlage und Amplitudenbeitrag des Einzelsignals bezüglich des Summensignals abgeleitet werden und die Phasen und/oder die Amplituden der hochfrequenten Einzelsignale in Abhängigkeit von der ermittelten Phasenlage und/oder des ermittelten Amplitudenbeitrags in Richtung auf optimalen Amplitudenbeitrag jeweils geändert werden.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Empfangsantennensystem zur Durchführung des Verfahrens mit einer Mehrzahl von Empfangsantennen, einem den einzelnen Empfangsantennen nachgeschalteten Modulator, der den einzelnen Antennenausgangssignalen eine Hilfsmodulation mittels eines Hilfsmodulationssignals aufprägt, einer Summierschaltung, einem Demodulator, der das in einer Empfangsschaltung verstärkte und selektierte Summensignal nach Betrag und/oder Frequenz und/oder Phase demoduliert, einem Filter, das das Hilfsmodulationssignal aus dem demodulierten Signal ausfiltert, einem Synchrondemodulator, der den Real- und Imaginärteil des einzelnen Antennensignals in Bezug auf das Summensignal ermittelt und daraus Phasenlage und Amplitudenbeitrag ableitet und einem Phasen- und/oder Amplitudenstellglied, das in Abhängigkeit der Ausgangssignale der Synchrondemodulatoren gesteuert wird.

Bei mobilem Empfang, beispielsweise beim Empfang von Rundfunk und/oder Fernsehsendungen in Kraftfahrzeugen treten Empfangsstörungen auf, die den Empfang erheblich beeinträchtigen. Derartige Empfangsstörungen beruhen auf der Einstrahlung der Rundfunk- bzw. Fernsehwellen aus mehr als einer Richtung auf die Antenne. Dieser sogenannte Mehrwegeempfang tritt dadurch auf, daß die Rundfunk- bzw. Fernsehwellen nicht nur vom Sender direkt zur Antenne gelangen, sondern beispielsweise an Gebäuden reflektiert und auf anderen Wegen ebenfalls die Empfangsantennen erreichen. Die Empfangswege für die mehreren, von der Empfangsantenne aufgenommenen Signale sind unterschiedlich lang, so daß im Rundfunk- bzw. Fernsehsignal besonders bei frequenzmoduliertem Träger Interferenzstörungen auftreten, wodurch der resultierende Träger sowohl eine Amplitudenmodulation als auch eine Phasenmodulation erfährt. Diese ergeben dann die lästigen und den Empfang erheblich beeinträchtigenden Empfangsstörungen, die auf Grund der physikalischen Gegebenheiten unabhängig von der Antennenart, seien es Teleskopantennen, elektronische Kurzstabantennen oder elektronische Scheibenantennen, auftreten.

Aus der EP 0 401 221 B1 ist ein Empfangsantennensystem mit einer Mehrzahl von Empfangsantennen bekannt, bei dem die Ausgangssignale der verschiedenen Antennen mit unterschiedlichen Hilfsmodulationssignalen moduliert werden, und anschließend summiert werden, anschließend nach Trägerfrequenzen selektiert

werden und die selektierten Trägerfrequenzen verstärkt werden, die selektierten Trägersignale anschließend nach Amplitude und Frequenz demoduliert werden und die demodulierten Signale mit dem entsprechenden Hilfsmodulationssignal multipliziert werden und die Produkte jeweils integriert werden, wobei die Beträge der so entstandenen Produkte digitalisiert werden und als Stellwert für die Phasenkorrektur der jeweils einzelnen Antennenausgangssignale verwendet werden.

Dieses bekannte Empfangsantennensystem hat den Nachteil, daß auf Grund nicht linearer Eigenschaften in den verschiedenen Bauelementen des Empfangsantennensystems, insbesondere in den Modulatoren, im Addierer und den Demodulatoren Störungen auftreten, die die jeweiligen Beträge der Integrale über die jeweiligen Produkte aus dem amplitudendemodulierten Signal mit dem Hilfsmodulationssignal sowie dem frequenzdemodulierten Signal mit dem Hilfsmodulationssignal verfälschen. Auf Grund dieser verfälschten Werte wird deshalb dem Phasendrehglied ein falscher Korrekturwert zugeführt. Auf Grund des falschen Korrekturwertes kommt es dann zu Phasendrehungen, die in Betrag und Richtung verfälscht sind, so daß das Summensignal auf Grund destruktiver Überlagerung der einzelnen Antennenausgangssignale im Extremfall kleiner als ein einzelnes Antennenausgangssignal sein kann, wodurch die Empfangsqualität beeinträchtigt werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs erwähnten Art bereitzustellen, bei der Störungen, die auf Grund nicht linearer Eigenschaften der einzelnen Bauelemente eines Empfangsantennensystems auftreten, vermieden werden. Für das Verfahren wird dies erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß Störfrequenzen, die in der Antennenempfangsschaltung durch die Verwendung nicht linearer Bauteile entstanden sind, mittels eines angepaßten Filters aus dem Summensignal herausgefiltert werden.

Für die Vorrichtung wird dies erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß mindestens ein angepaßtes Filter vorgesehen ist, mit dem Störfrequenzen unterdrückt werden.

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird erreicht, daß an den Ausgängen der Synchrondemodulatoren (Multiplikatoren) vorliegende Störsignale, die derart niederfrequent ausgebildet sein können, daß sie auch an den Ausgängen der Integratoren (Tiefpässe) vorhanden sein können, deren Eingänge mit den Ausgängen der Synchrondemodulatoren verbunden sind, aus den demodulierten Signalen herausgefiltert werden, so daß die Zahlenwerte, die für die Berechnung des Wertes der Phasenkorrektur bezüglich eines bestimmten Antennenausgangssignals herangezogen wird, frei von Störeinflüssen ist. Dies hat die vorteilhafte Wirkung, daß der Wert der Phasenkorrektur eines bestimmten Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals genauer bestimmt werden kann und somit eine bessere Phasenkorrektur vorgenommen werden kann. Insbesondere wird dadurch erreicht, daß eine fehlerhafte Phasenkorrektur, die auf der Grundlage eines verfälschten Zahlenwertes erfolgt, vermieden wird. Es wird so vermieden, daß auf Grund einer fehlerhaften Phasenkorrektur das Summensignal im Pegel geringer ist als der Pegel der von einem einzelnen Antennenausgangssignal geliefert wurde.

Vorzugsweise werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Störfrequenzen nach den Synchronmodulationen aus dem Summensignal gefiltert. Dadurch wird erreicht, daß auch Störeinflüsse, wie sie durch etwaige Nicht-Linearitäten beim Betrieb der Synchronmodulatoren entstehen, von der Filterung berücksichtigt werden können.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Summensignal im Anschluß an die Synchrondemodulationen digitalisiert und die Störfrequenzen mittels Digitalfilterung unterdrückt. Mit der Digitalfilterung wird erreicht, daß die Filterung auf einfache und kostengünstige Weise durchgeführt werden kann. Des weiteren wird dadurch bewirkt, daß die Durchlaß- bzw. Dämpfungseigenschaften des Filters bezüglich bestimmter Frequenzen sehr genau ausgelegt werden können.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Digitalfilterung nicht rekursiv. Eine derartige Filterung ist technisch leicht herzustellen und vorteilhaft bzgl. der Stabilität der Schaltung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Digitalfilterung rekursiv. Bei einer derartigen Filterung können höhere Dämpfungen im Sperrbereich durchgeführt werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Digitalfilterung im wesentlichen eine Tiefpaßfilterung. Dies hat den Vorteil, daß auf einfache Weise eine Filterung ermöglicht wird, bei der die überwiegende Mehrzahl von Störfrequenzen unterdrückt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Digitalfilterung eine Bandpaßfilterung, bei der die Funktion der Synchrondemodulation digital durchgeführt wird. Auf diese Weise wird erreicht, daß Störfrequenzen, die in den Synchronmodulatoren auf Grund von Nicht-Linearitäten beim Betrieb derselben entstehen, von vornherein vermieden werden, weil die Synchronmodulatoren als solche vermieden werden und durch eine digitale Bearbeitung ersetzt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsverfahrens wird das ZF-Signal digitalisiert und digital weiter verarbeitet. Dies hat den Vorteil, daß das ZF-Signal einer digitalen Bandpaßfilterung unterzogen werden kann und insgesamt digital verarbeitet werden kann, wodurch Nicht-Linearitäten bei der Weiterverarbeitung dieses Signals vermieden werden können. Des weiteren werden dann sowohl die Amplitudendemodulation als auch die Frequenzdemodulation digital durchgeführt, und es werden im Anschluß daran sowohl das amplitudendemodulierte als auch das frequenzdemodulierte Signal synchron demoduliert, was mit Hilfe einer Digitalschaltung erreicht wird. Dies hat den Vorteil, daß auch hierbei Nicht-Linearitäten, wie sie etwa beim Betrieb entsprechender analoger Bauteile auftreten, vermieden werden. Bei dieser erfindungsgemäßen Vorrichtung wird erreicht, daß Störfrequenzen, wie sie bei dem Betrieb analoger Bauteile, wie Bandpaßfilter, Verstärker, Demulatoren und Multiplikatoren auf Grund nicht linearer Eigenschaften derselben auftreten, mittels eines angepaßten Filters, dessen Frequenzcharakteristik auf diese Störfrequenzen ausgelegt ist, unterdrückt werden. Dadurch wird bewirkt, daß die im Anschluß an Demodulation, Synchrondemodulation erhaltenen Phasenwerte für die

einzelnen Antennenausgangssignale frei von Störeinflüssen sind, und somit eine genauere Korrektur der Phasenlage der einzelnen Antennenausgangssignale ermöglicht wird. Dies hat wiederum zur Folge, daß die einzelnen Antennenausgangssignale bezüglich ihrer einzelnen Phasenlagen jeweils so verschoben werden können, daß sich ein maximales Summensignal ergibt. Auf diese Weise wirkt das angepaßte Filter optimierend sowohl in der Weise, daß ein möglichst störungsfreier Empfang ermöglicht wird, als auch in der Weise, daß das Signalrauschverhältnis des Empfangsantennensystems insgesamt verbessert wird.

Vorzugsweise sind im erfindungsgemäßen Empfangsantennensystem zwei angepaßte Filter vorgesehen, die jeweils hinter einem der Demulatoren geschaltet sind. Obwohl eine Empfangsverbesserung prinzipiell auch schon mit einem angepaßten Filter ermöglicht wird, der beispielsweise diejenigen Signale filtert, die am Ausgang des Integrators (Tiefpaß) vorliegen, dessen Eingang mit dem Ausgang des Synchronmodulators verbunden ist, dessen Eingang mit amplitudendemodulierten Signalanteilen gespeist wird, so ist doch eine exakte Bestimmung der Phasenlage eines einzelnen Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals nach Betrag und Richtung nur möglich, wenn sowohl die amplitudendemodulierten als auch die frequenzdemodulierten Signalanteile demoduliert, synchrondemoduliert und anschließend integriert werden. Um die im Anschluß an diese Operationen vorliegenden Signale von Störfrequenzen zu bereinigen, sind deshalb vorzugsweise zwei angepaßte Filter vorgesehen, die an dem Ausgang eines Integrators wirken und hier Störsignale beseitigen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems sind die Filter als Digitalfilter ausgebildet, wobei vor den Eingängen der Digitalfilter jeweils ein A/D-Wandler geschaltet ist. Auf diese Weise wird zum einen erreicht, daß die Filterung sehr genau durchgeführt werden kann und nicht etwa auf Grund nicht linearer Eigenschaften des Filters selbst Fehler in das gefilterte Signal eingebracht werden können. Zum anderen haben Digitalfilter den Vorteil, daß sie kostengünstig herzustellen sind, zuverlässig arbeiten und kleine Abmessungen aufweisen oder auch als programmierte Schaltung z. B. in einem Mikroprozessor verwirklicht werden können.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems sind die digitalen Filter als nicht rekursive FIR-Filter ausgebildet. Filter dieses Typs haben den Vorteil, daß sie besonders leicht herzustellen sind und sehr stabil arbeiten, d. h. nicht zum Schwingen neigen. Die Übertragungsfunktion eines derartigen FIR-Filters ist dabei gegeben durch:

$$H(z) = \frac{b_n z^n + \dots + b_1 z + b_0}{z^n}$$

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems sind die digitalen Filter als rekursive IIR-Filter ausgebildet. Filter dieses Typs haben den Vorteil, daß bei ihnen weniger Koeffizienten nötig sind, um ähnliche Dämpfungen zu erreichen, wie sie mit FIR-Filtern erzielt werden. Deshalb ist bei der Verwendung von IIR-Filtern eine größere Sperrdämpfung als bei FIR-Filtern

möglich. Auch derartige Filter lassen sich als programmierte Schaltung in einem Mikroprozessor verwirklichen. Die Übertragungsfunktion eines derartigen IIR-Filters ist dabei gegeben durch:

$$H(z) = \frac{b_n z^n + \dots + b_1 z + b_0}{a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_1 z + a_0}$$

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems sind die Filter im wesentlichen Tiefpaßfilter. Weil die Phasenbestimmung eines Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals aller Antennenausgänge im wesentlichen durch die Schritte Demodulation, Synchrondemodulation (Multiplikation) und Integration erfolgt, wobei die Integration technisch als Tiefpaßfilterung durchgeführt wird, sind die Korrektursignale, auf Grund derer die Phase eines Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals aller Antennenausgänge verschoben wird, im wesentlichen schon einer Tiefpaßfilterung unterzogen und weisen im Normalfall keine hohen Frequenzanteile auf. Sind trotzdem hohe Frequenzanteile vorhanden, so beruhen sie auf Nicht-Linearitäten bei dem Betrieb derjenigen Bauteile, die die Funktionen der Demodulation, Synchrondemodulation bzw. Integration durchführen. Das Wegfiltern dieser höheren Frequenzanteile hat daher die erwünschte erfindungswesentliche Eigenschaft der Eliminierung dieser Fehlerquellen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Antennensystems sind die Filter zum Zweck der Mitübernahme der den Synchronmodulatoren innewohnenden Funktion der Frequenzerkennung als Bandpaßfilter ausgelegt. Dies hat den Vorteil, daß auch die Synchrondemodulation digital durchgeführt wird, und somit Nicht-Linearitäten, wie sie bei dem Betrieb eines analogen Synchrondemodulators entstehen, vermieden werden. Des weiteren ist bei dieser Ausführungsform vorteilhaft, daß die Frequenzerkennung auf Grund der digital durchgeführten Synchrondemodulation sehr genau ausgeführt werden kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems wird von dem Filter zusätzlich zur Übernahme der Funktion der Synchrondemodulation auch die Funktion der Amplitudendemodulation bzw. der Frequenzdemodulation mitübernommen, wobei die Filter als entsprechende Bandpaßfilter ausgelegt sind. Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, daß Störfrequenzen, wie sie bei dem Betrieb eines analogen Amplitudendemodulators bzw. Frequenzdemodulators auf Grund nicht linearer Eigenschaften desselben auftreten, vermieden werden. Des weiteren kann die Amplituden- bzw. Frequenzdemodulation auf diese Weise sehr exakt durchgeführt werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer vorteilhaften Ausführungsform erläutert, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt ist. Es zeigt:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems,

Fig. 2 die Frequenzdarstellung eines Signals, wie es am Ausgang eines FM-Demodulators des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems anliegt,

Fig. 3 die Frequenzdarstellung eines Signals, wie es

am Ausgang eines Synchrondemodulators des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems anliegt,

Fig. 4 ein schematisches Blockdiagramm, das die Funktion eines nicht rekursiven digitalen Filters zeigt,

Fig. 5 die Übertragungsfunktion eines erfindungsgemäßen digitalen Filters,

Fig. 6 ein Signal in Frequenzdarstellung, wie es an dem Ausgang eines erfindungsgemäßen Filters anliegt.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems werden die Spannungen, die an den Ausgängen einer ersten Antenne 1-1, bis nten Antenne 1-n anliegen, einer Matrixschaltung 2 zugeführt, an deren Ausgängen jeweils Linearkombinationen der Antenneneingangssignale bereitgestellt werden. Derartige Matrixschaltungen sind allgemein bekannt und beispielsweise in der EP 0 201 977 A2 beschrieben, so daß hierauf im vorliegenden Fall nicht eingegangen zu werden braucht. Die Ausgänge der Matrixschaltung 2 sind jeweils mit einem Eingang eines Amplitudenmodulators 3 verbunden. Wie im weiteren noch im einzelnen beschrieben werden wird, wird den an den Eingängen des Amplitudenmodulators 3 anliegenden Signalen nacheinander eine Hilfsmodulation aufgeprägt, wobei die zeitliche Taktfolge über die Taktsignaleingänge 160 gesteuert wird, so daß je nachdem, an welchem Taktsignaleingang das Taktsignal anliegt, das entsprechende Eingangssignal amplitudenmoduliert am zugeordneten Ausgang des Amplitudenmodulators 3 auftritt. Der schematisch als eine Einheit dargestellte Amplitudenmodulator 3 besteht aus einer Mehrzahl separater Amplitudenmodulatorstufen, die jeweils eines der Ausgangssignale der Matrixschaltung zugeleitet erhalten. Die einzelnen, separaten Amplitudenmodulatorstufen werden dabei in Abhängigkeit vom Taktsignal jeweils zeitlich nacheinander aktiviert und geben entsprechend zeitlich nacheinander die entsprechend amplitudenmodulierten, hochfrequenten Einzelsignale ab.

Die Ausgänge des Amplitudenmodulators 3 sind mit den Eingängen eines Phasendrehgliedes 4 verbunden, das für die jeweiligen amplitudenmodulierten, hochfrequenten Eingangssignale über Taktsignaleingänge von dem gleichen Taktsignal, das auch dem Amplitudenmodulator 3 zugeleitet wird, die für die Eingangssignale nacheinander erfolgende Phasendrehung bewirkt. Dem Phasendrehglied 4 wird, wie nachfolgend näher erläutert wird, ein die Phasendrehung steuerndes Signal zugeleitet. Das Phasendrehglied 4 besteht aus einer Mehrzahl separater Phasendrehglieder, die jeweils einem Ausgang des Amplitudenmodulators 3 zugeordnet sind und entsprechend dem besagten Taktsignal nacheinander aktiviert werden. Die Ausgangssignale des Phasendrehgliedes 4 werden in einer Summierschaltung 5 addiert und dem Eingang eines Rundfunkempfängers 6 mit einer Empfangsschaltung 7 zugeleitet. Im Falle von Stereoempfang gelangen die Ausgangssignale R und L über entsprechende Leitungen an die jeweiligen Lautsprecher. Ein selektiertes und verstärktes Ausgangssignal der Empfangsschaltung 7, das der Zwischenfrequenzverstärkerstufe der Empfangsschaltung 7 entnommen wird, gelangt über eine Verstärker- und Filtereinheit 8 an einen Amplitudendemodulator 9 und an einen Frequenzdemodulator 10, denen je ein Synchrondemodulator 11 bzw. 12 nachgeschaltet ist. Die Demodulatoren 9 und 10 und die Synchrondemodulatoren 11 und 12, die als Multiplikatoren ausgeführt sind, sind für den Fachmann übliche Schaltungen. Der Ausgang des Synchrondemodulators 11 wird dem Eingang eines Tief-

passes 103 zugeführt, und der Ausgang des Synchronmodulators 12 wird dem Eingang eines Tiefpasses 203 zugeführt. Die Tiefpässe 103, 203 wirken auf die jeweiligen Eingangssignale als Integratoren. Das an dem Ausgang des Tiefpasses 103 anliegende Signal wird im Anschluß daran dem Eingang eines A/D-Wandlers 104 zugeführt, und das an dem Ausgang des Tiefpasses 203 anliegende Signal wird dem Eingang eines A/D-Wandlers 204 zugeführt. Der Ausgang des A/D-Wandlers 104 wird dem Eingang des erfindungswesentlichen angepaßten Filters 105 zugeführt, und der Ausgang des A/D-Wandlers 204 wird dem Eingang des erfindungswesentlichen angepaßten Filters 205 zugeführt. Die angepaßten Filter 105, 205 sind im wesentlichen als Tiefpässe ausgeführt. Das an den Ausgängen der angepaßten Filter 105, 205 anliegende Signal ist jeweils von Störfrequenzen, die im allgemeinen im Niederfrequenzbereich vorzufinden sind, bereinigt und werden als solche den Eingängen eines Mikroprozessors 300 zugeführt. Der Mikroprozessor 300 ist so programmiert, daß er in Verbindung mit den Daten, die ihm von einem Taktgenerator 14 zum Schalten der verschiedenen Antennen und von einem Hilfsmodulationsgenerator 16 zum Erzeugen der Hilfsmodulation, die den einzelnen Antennenausgangssignalen aufgeprägt wird, die Phasenverschiebung eines Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals aller Antennenausgangssignale berechnet und dem Phasendrehglied 4 über entsprechende Eingänge 140 ein Steuersignal zukommen läßt, auf Grund dessen die Phasenverschiebung des betreffenden Antennenausgangssignals in Richtung des Summensignals aller Antennenausgangssignale verschoben wird. Ein Ausgang des Hilfsmodulationsgenerators 16 ist mit einem zweiten Eingang des Synchrondemodulators 11 verbunden, und ein weiterer Ausgang des Hilfsmodulationsgenerators 16, der gegenüber dem ersten Ausgang eine um 90° verschobene Phase aufweist, ist mit dem zweiten Eingang des Synchrondemodulators 12 verbunden. Auf diese Weise wird erreicht, daß in dem Synchrondemodulator 11 das Produkt aus der Hilfsmodulation mit dem amplitudendemodulierten Summensignal gebildet wird, wonach dieses Produkt integriert wird und der Integralwert einen Kennwert für den Realteil der Phasenverschiebung des betreffenden Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals aller Antennenausgangssignale darstellt. Dabei wird nicht immer nur eine Phasenverschiebung sondern auch eine Konversion von Amplitudenmodulation zu Phasenmodulation oder von Phasenmodulation zu Amplitudenmodulation gemessen. Dementsprechend wird in dem Synchrondemodulator 12 das Produkt des um 90° phasenverschobenen Hilfsmodulationssignals mit dem frequenzdemodulierten Summensignal durchgeführt, wonach dieses Produkt integriert wird. Der so erhaltene Integralwert gibt dabei Auskunft über den Imaginärteil der Phasenverschiebung eines bestimmten Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals aller Antennenausgangssignale. Auf diese Weise wird die Phasenverschiebung eines bestimmten Antennenausgangssignals bezüglich des Summensignals aller Antennenausgangssignale sowohl in Betrag als auch Richtung festgestellt, und die so gewonnenen Werte werden nach Bereinigung von Störeinflüssen in den entsprechenden Filtern 105 bzw. 205 der Schaltlogik des Mikroprozessors 300 zugeführt.

In der in Fig. 2 dargestellten Frequenzcharakteristik eines am Ausgang des FM-Demodulators 10 vorliegenden Signals bezeichnet die Bezugszahl 200 den von einer Frequenz von 0 bis 15 kHz vorliegenden Summen-

kanal eines herkömmlichen UKW-Multiplexsignals. Dabei sind entlang der Abszisse die in kHz angegebene Frequenz f und entlang der Ordinate die relativen Intensitäten aufgetragen. Die Bezugszahl 201 bezeichnet das von 23 bis 38 kHz vorliegende untere Seitenband des Differenzkanals eines herkömmlichen UKW-Multiplexsignals, und die Bezugszahl 220 bezeichnet das von 38 kHz bis 53 kHz vorliegende obere Seitenband des Differenzkanals eines herkömmlichen UKW-Multiplexsignals. Die Bezugszeichen 230 und 240 bezeichnen das untere und obere Seitenband des um 57 kHz zentrierten Kennungskanals eines herkömmlichen UKW-Multiplexsignals. Der in einem herkömmlichen UKW-Multiplexsignal mit Ausnahme des bei 19 kHz liegenden Pilotons zur Stereoerkennung nicht genutzte Frequenzbereich von 15 bis 23 kHz ist entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Empfangsantennensystems der Frequenzbereich, in dem der Hilfsmodulationsgenerator 16 Kennungsschwingungen produziert. Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrfachantennensystems ist der Hilfsmodulationsgenerator 16 als Oszillatorschaltung ausgeführt, die Schwingungen von 17 kHz, 18 kHz, 20 kHz und 21 kHz erzeugt. Jede Modulationsschwingung fester Frequenz ist dabei je einem Antennenausgangssignal zugeordnet, wobei die Modulation der verschiedenen Antennenausgangssignale zeitlich nacheinander erfolgt.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Frequenzcharakteristik eines Signals, wie es am Ausgang des Synchrondemodulators 12 vorliegt, bezeichnen die Bezugszahlen 301, 302 und 303 Störfrequenzen von 1 kHz, 2 kHz und 3 kHz, wie sie auf Grund der Überlagerung der mit jeweils 1 kHz auseinanderliegenden Modulationssignale 250, 251, 253 und 254, sowie der Überlagerung mit dem Piloton 252 zur Erkennung eines Stereosignals entstehen. Dabei sind entlang der Abszisse die Frequenz f in kHz und entlang der Ordinate die relativen Intensitäten aufgetragen. Diese Frequenzen stellen abgesehen von weiteren Störfrequenzen, die auf Grund von nicht linearen Eigenschaften beim Betrieb analoger Bauteile, wie Verstärker, Demodulator und Synchrondemodulator entstehen, Fehlerquellen, die den Stellwert, der am Ausgang des Tiefpasses 203 entsteht, entscheidend verfälschen. Das erfindungsgemäße angepaßte Filter muß deshalb so ausgelegt sein, daß diese Frequenzen unterdrückt werden. Erfindungsgemäß ist das angepaßte Filter deshalb so ausgelegt, daß seine Frequenzcharakteristik bei diesen Frequenzen Nullstellen aufweist.

Fig. 4 ist ein schematisches Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen digitalen rekursiven Filters. Das Filter ist aus einer Reihe von Multiplizierern (401, 404, 406, 410) und Addierern (403, 405, 407, 409) zusammengesetzt, zwischen die Verzögerungsglieder (402, 408) geschaltet sind. Bei dem dargestellten Filter n -ter Ordnung wird ein Eingangssignal X einem Multiplizierer 401 und einem Verzögerungsglied 402 zugeführt, in dem das Signal verzögert wird. Das so verzögerte Signal wird einem Multiplizierer 404 und über weitere Verzögerungsglieder (... 408) weiteren Multiplizierern (... 406, 410) zugeführt. Die an den Ausgängen der Multiplizierer anliegenden Signalanteile werden von den Addierern (403, 405, 407, 409) aufsummiert, um das Ausgangssignal Y des Filters zu ergeben.

Fig. 5 zeigt die Übertragungsfunktion eines erfindungsgemäßen digitalen Filters, das entsprechend des in Fig. 4 dargestellten Blockdiagramms aufgebaut ist. Die entlang der Abszisse aufgetragene Frequenz f/F_a ist auf

die Abtastfrequenz F_a des A/D Wandlers 104 normiert, und der entlang der Ordinate aufgetragene Betrag der Übertragungsfunktion $|H(f)|/|H(0)|$ ist auf den Betrag der Übertragungsfunktion im Ursprung normiert, so daß die Übertragungsfunktion im Ursprung den Wert 1 annimmt. Aus der Figur geht hervor, daß das Filter bei bestimmten Frequenzen Nullstellen aufweist. Diese Nullstellen entsprechen den weiter oben beschriebenen Störfrequenzen, die bei 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz und 4 kHz liegen. Aus der in der Figur dargestellten Kurve, die die Übertragungsfunktion des Filters wiedergibt, ergibt sich des weiteren, daß das Filter eine Tiefpaßcharakteristik aufweist.

Fig. 6 zeigt ein gefiltertes Signal, wie es nach dem Passieren durch das Filter mit der in Fig. 5 dargestellten Übertragungsfunktion vorliegt. Dabei ist in der Figur entlang der Abszisse die Frequenz f in kHz aufgetragen, und entlang der Ordinate ist die Intensität I des Nutzsignals aufgetragen. Dieses Signal besitzt nur noch einen Gleichanteil, da alle diesem Gleichanteil überlagernden Störfrequenzen mit Hilfe des Filters unterdrückt wurden. Die Höhe dieses Gleichanteils ist ein Zahlenwert, der als solches ein Maß für die Phasenverschiebung eines Antennenausgangssignales bezüglich des Summensignales aller Antennenausgangssignale darstellt. Dieser Zahlenwert liegt aufgrund der spezifischen Funktion des erfindungsgemäßen Filters weitestgehend unverfälscht an, so daß die Wirksamkeit des Mehrfach-Antennensystems optimiert ist.

Patentansprüche

1. Empfangsverfahren mit mehreren einzelnen Empfangsantennen, bei dem den einzelnen Antennenausgangssignalen eine Hilfsmodulation in Form einer Phasen- und/oder Amplitudenmodulation mittels eines Hilfsmodulationssignals aufgeprägt wird, das in einer Empfangsschaltung verstärkte und selektierte Summensignal in einem Frequenz- und Amplitudendemodulator nach Betrag und Frequenz und/oder Phase demoduliert wird, das Hilfsmodulationssignal aus dem demodulierten Signal ausgefiltert wird und mit Hilfe von Synchrondemodulatoren Real- und Imaginärteil des einzelnen Antennenausgangssignals in Bezug auf das Summensignal ermittelt und daraus Phasenlage und Amplitudenbeitrag des Einzelsignals bezüglich des Summensignals abgeleitet werden, und die Phasen und/oder die Amplituden der hochfrequenten Einzelsignale in Abhängigkeit von der ermittelten Phasenlage und/oder des ermittelten Amplitudenbeitrags in Richtung auf optimalen Amplitudenbeitrag jeweils geändert werden, dadurch gekennzeichnet, daß Störfrequenzen, die in der Antennenempfangsschaltung durch die Verwendung nicht-linearer Bauteile entstehen, mittels mindestens eines angepaßten Filters aus dem Summensignal herausgefiltert werden.
2. Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Störfrequenzen im Anschluß an die Synchrondemodulationen aus dem Summensignal gefiltert werden.
3. Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Summensignal im Anschluß an die Synchrondemodulationen digitalisiert wird und die Störfrequenzen mittels Digitalfilterung unterdrückt werden.
4. Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1

bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Digitalfilterung nicht rekursiv erfolgt.

5. Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Digitalfilterung rekursiv erfolgt.

6. Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Digitalfilterung im wesentlichen eine Tiefpaßfilterung ist.

7. Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzfilterung eine Bandpaßfilterung ist, und die Funktion der Synchrondemodulation digital erfolgt.

8. Empfangsverfahren nach Anspruche 7, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Bandpaßfilterung nicht rekursiv erfolgt.

9. Empfangsverfahren nach Anspruche 7, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Bandpaßfilterung rekursiv erfolgt.

10. Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischenfrequenzsignal digitalisiert und digital weiterverarbeitet wird.

11. Empfangsantennensystem zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit einer Mehrzahl von Empfangsantennen, einem den einzelnen Empfangsantennen (1-1, 1-2, ... 1-n) nachgeschalteten Modulator (3), der den einzelnen Antennenausgangssignalen einer Hilfsmodulation mittels eines Hilfsmodulationssignals aufprägt, einer Summierschaltung, mindestens einem Demodulator (9, 10), der das in einer Empfangsschaltung (7) verstärkte und selektierte Summensignal nach Betrag und/oder Frequenz und/oder Phase demoduliert, einem Filter (8), daß das Hilfsmodulationssignal aus dem demodulierten Signal ausfiltert, mindestens einem Synchrondemodulator (11, 12), der den Real- und Imaginärteil des einzelnen Antennensignals in Bezug auf das Summensignal ermittelt und daraus Phasenlage und Amplitudenbeitrag ableitet und einem Phasen- und/oder Amplitudenstellglied (300), das in Abhängigkeit der Ausgangssignale der Synchrondemodulatoren (11, 12) gesteuert wird, gekennzeichnet durch mindestens ein angepaßtes Filter (105), mit dem Störfrequenzen unterdrückt werden.

12. Empfangsantennensystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwei angepaßte Filter (105, 205) vorgesehen sind, die jeweils hinter einem der Synchrondemodulatoren (11, 12) geschaltet sind.

13. Empfangsantennensystem nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (105, 205) als Digitalfilter ausgebildet sind, vor die jeweils ein A/D-Wandler (104, 204) geschaltet ist.

14. Empfangsantennensystem nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die digitalen Filter (105, 205) als nicht rekursive FIR-Filter ausgebildet sind.

15. Empfangsantennensystem nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die digitalen Filter (105, 205) als rekursive IIR-Filter ausgebildet sind.

16. Empfangsantennensystem nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (105, 205) im wesentlichen Tiefpaßfilter sind.

17. Empfangsantennensystem nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (105, 205) die den Synchrondemodulatoren

(11, 12) innewohnende Funktionen der Frequenzerkennung mit übernehmen und als Bandpaßfilter ausgelegt sind.

18. Empfangsantennensystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (105, 205) 5 zusätzlich die dem AM-Demodulator (9) und dem FM-Demodulator (10) innewohnende Funktion der Demodulation des Summensignals mit übernehmen und als entsprechende Bandfilter ausgelegt sind. 10

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

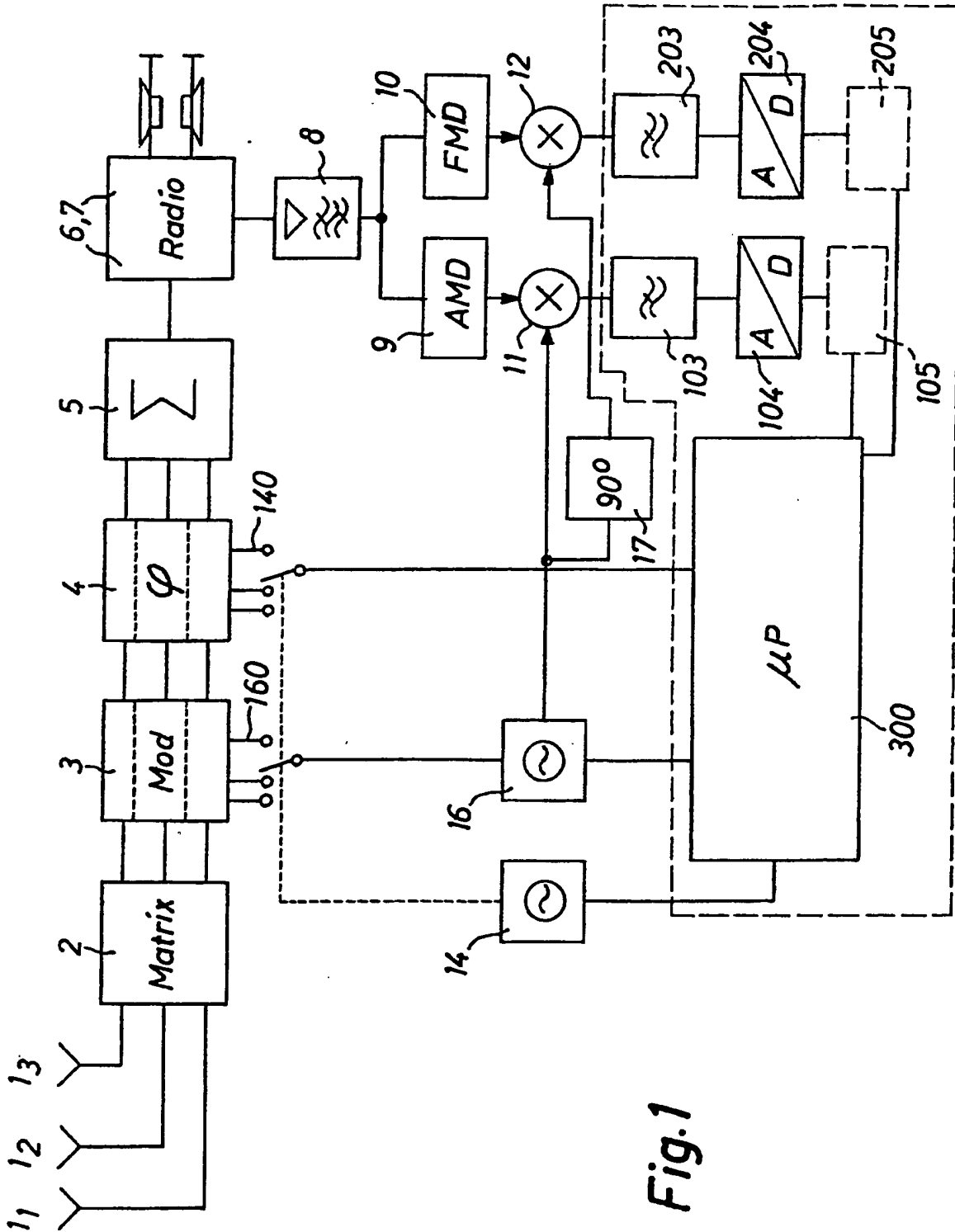


Fig. 1

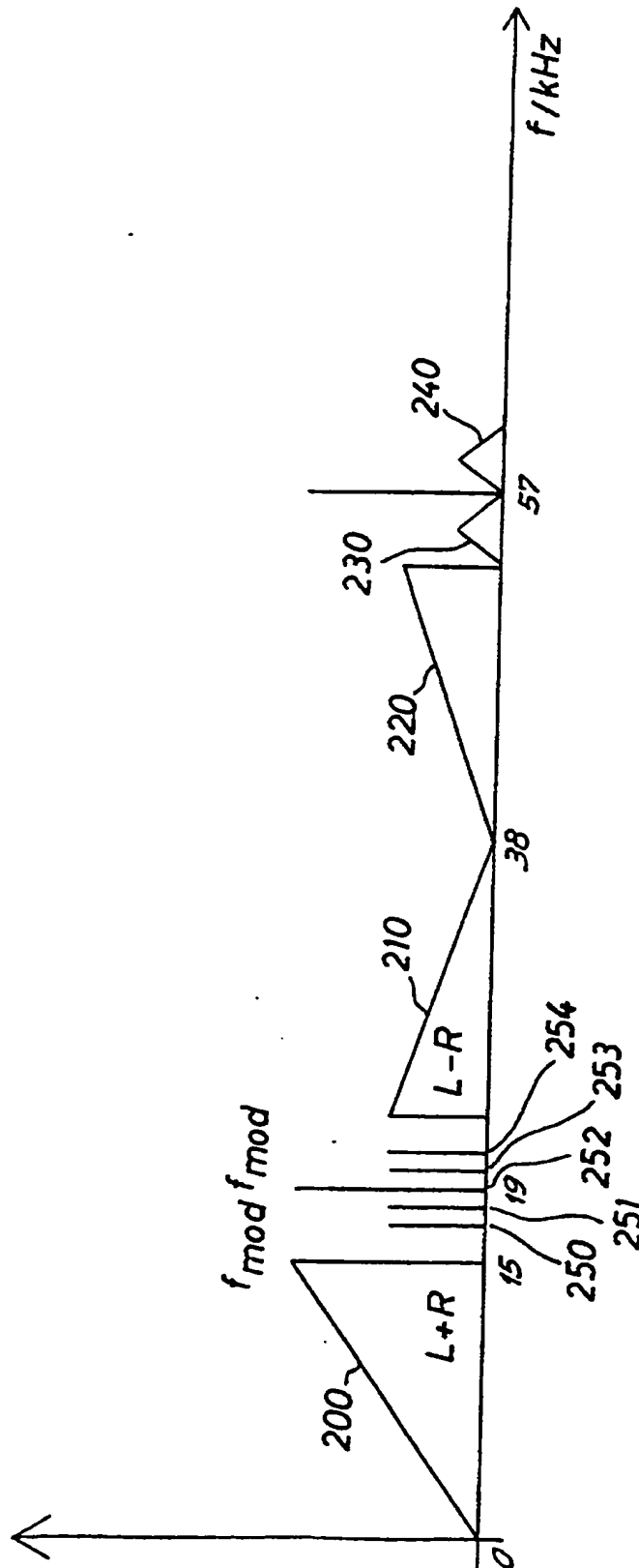


Fig. 2

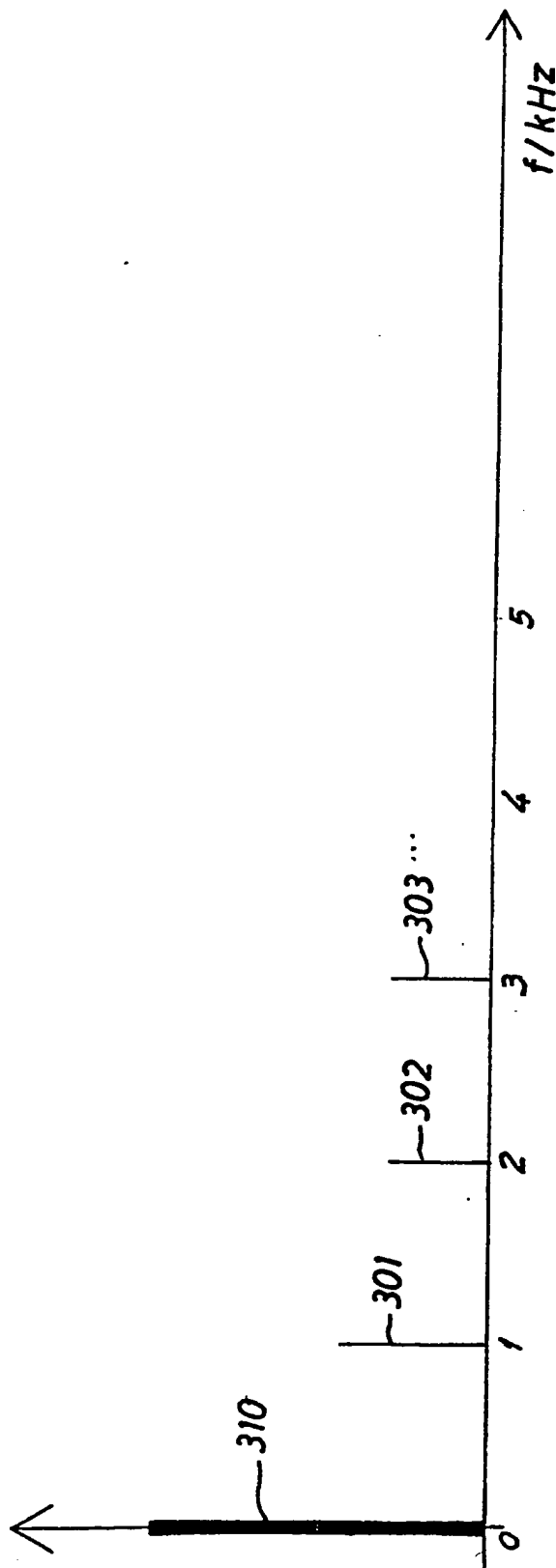


Fig.3

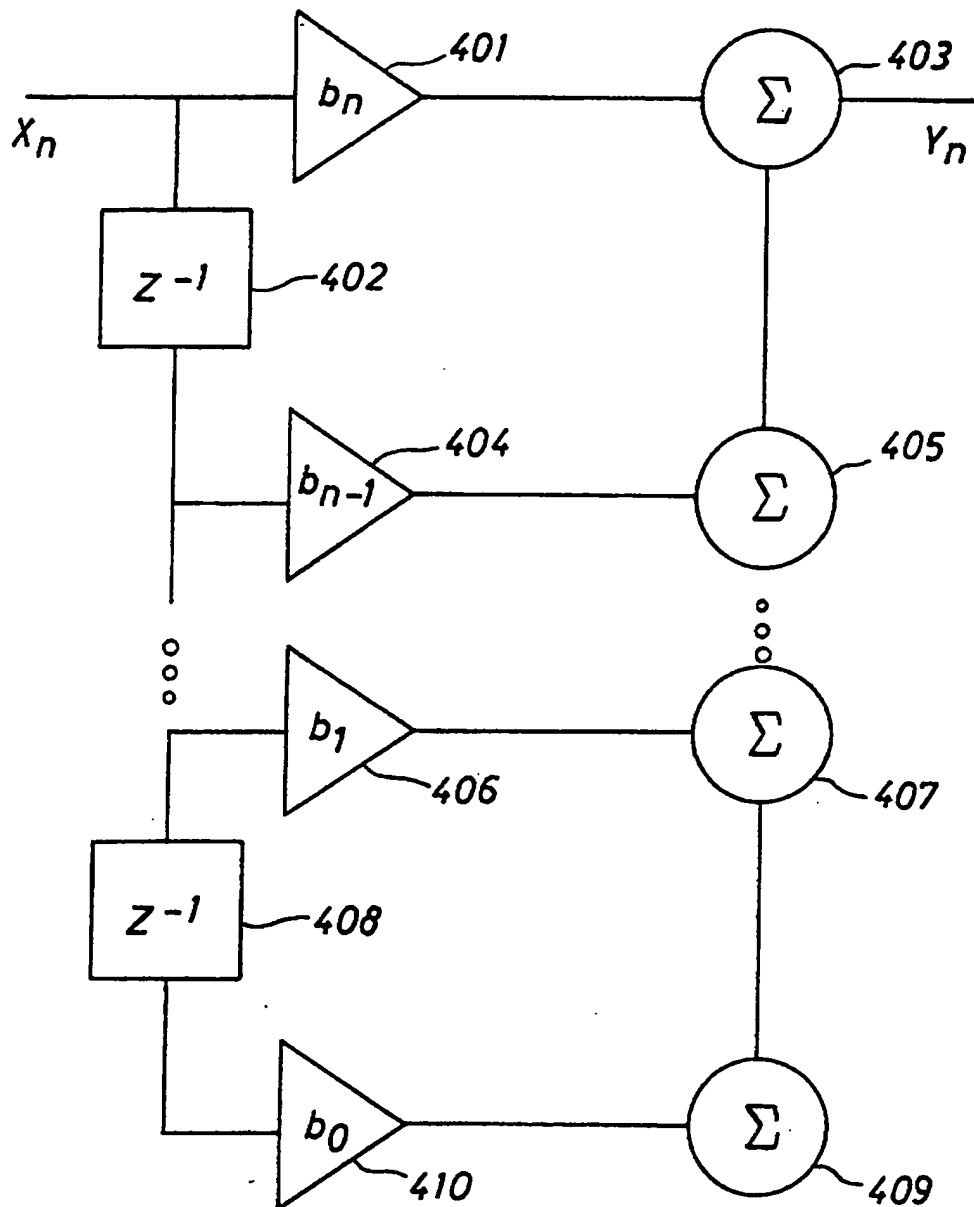


Fig.4

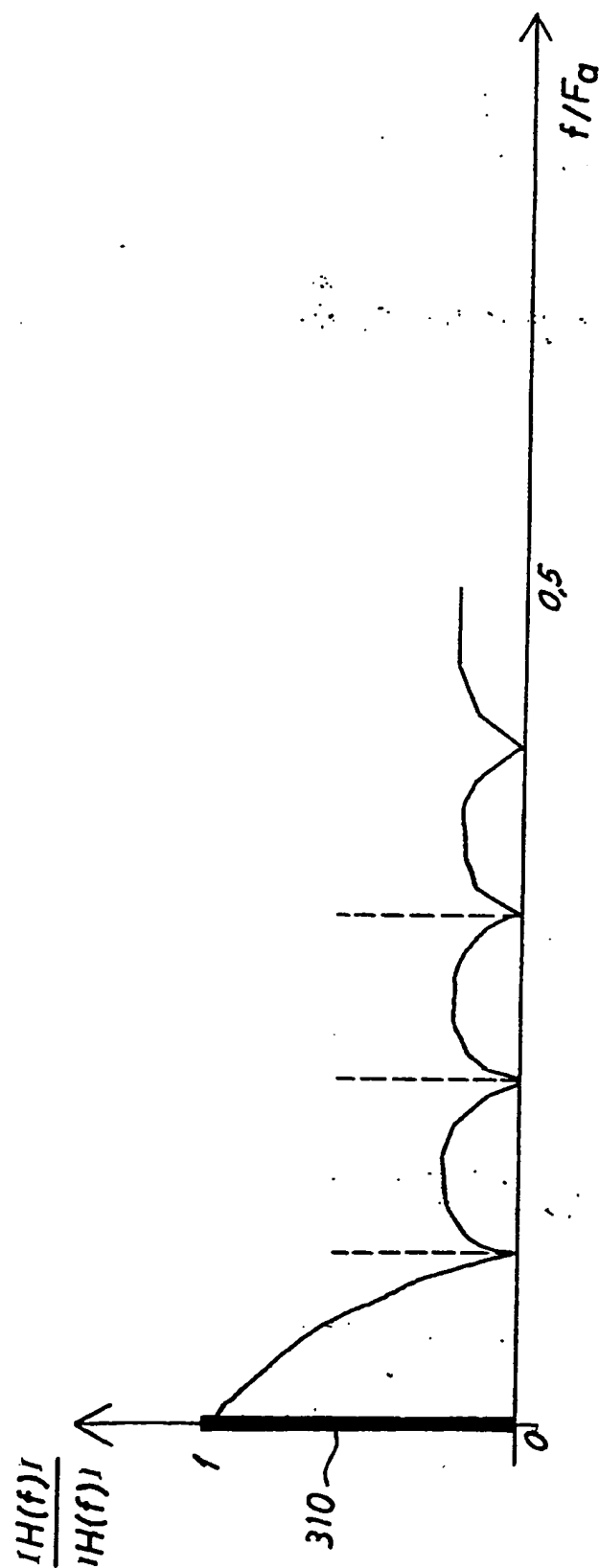


Fig. 5

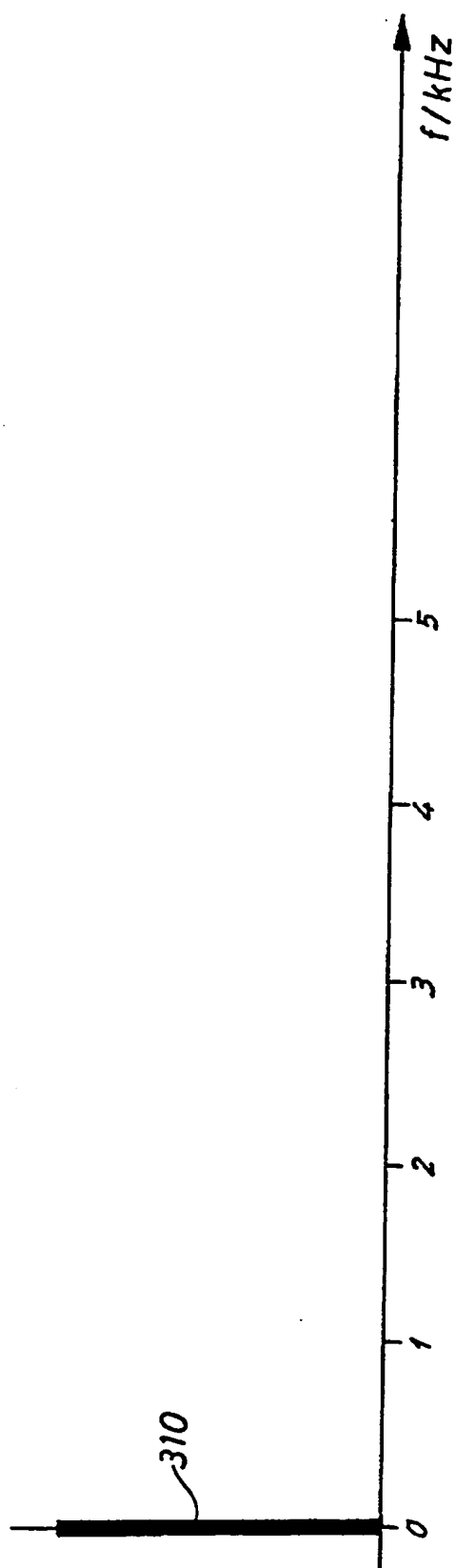


Fig. 6